

Perbandingan Efektivitas Laboratorium Virtual dan Alat Praktikum Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerbang Logika

Dhita Yustia Mokodompit^{1)*}, Jeane Verra Tumangkeng²⁾, Sixtus Iwan Umboh³⁾, Rolles Nixon Palilingan⁴⁾, Ishak Pawarangan⁵⁾,

¹Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa 95618 Indonesia

*Corresponding Author, email: dhitayustia3@gmail.com, jeanetumangkeng@unima.ac.id, sixtusiwanumbuh@unima.ac.id, rollespalilingan@unima.ac.id, ishakpawarangan@unima.ac.id

Receipt : 05/11/2025; Revision : 11/02/2026; Accepted : 28/02/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas penggunaan laboratorium virtual (Tinkercad) dan alat praktikum dasar dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika pada mahasiswa. Jenis Penelitian ini menggunakan metode eksperimen semu dengan desain pre-test dan post-test dua jenis perlakuan, dengan menggunakan dua kelompok mahasiswa dari Program Studi Pendidikan Fisika yang mengikuti mata kuliah Elektronika Dasar II di semester genap tahun 2025. Data dikumpulkan melalui tes pilihan ganda (pre-test dan post-test) dan dianalisis menggunakan tes normalitas, homogenitas, uji-t, dan uji N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan pemahaman setelah perlakuan, tetapi peningkatan yang terjadi pada kelompok yang menggunakan laboratorium virtual maupun alat praktikum dasar lebih signifikan dibandingkan kelompok yang hanya menggunakan laboratorium virtual. Nilai N-Gain untuk kelompok laboratorium virtual adalah 0,47 (kategori sedang), sedangkan kelompok kombinasi mendapatkan 0,78 (kategori tinggi) dengan efektivitas mencapai 77,62% (kategori efektif). Hasil uji-t menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Kombinasi antara laboratorium virtual dan alat praktikum dasar lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman mengenai konsep gerbang logika dibandingkan dengan hanya menggunakan laboratorium virtual. Penggabungan kedua jenis media ini dapat menjadi alternatif pembelajaran yang lebih menyeluruh dan praktis dalam pendidikan fisika, khususnya pada materi Gerbang Logika.

Kata kunci : Alat Praktikum Dasar, Gerbang Logika, Laboratorium Virtual, Pendidikan Fisika, Tinkercad

ABSTRACT

This study compares the effectiveness of using virtual laboratories (Tinkercad) and basic practical tools in enhancing students' understanding of logic gate concepts. A quasi-experimental method with a pre-test and post-test design was applied to two groups of Physics Education students enrolled in the Basic Electronics II course during the even semester of 2025. Data were collected through multiple-choice tests and analyzed using normality, homogeneity, t-test, and N-Gain analyses. Results showed that both groups experienced improved understanding after treatment. However, the group using a combination of virtual laboratories and basic practical tools achieved a greater improvement than the group using only virtual laboratories. The N-Gain value for the virtual laboratory group was 0.47 (moderate), while the combination group reached 0.78 (high) with an effectiveness of 77.62% (effective category). The t-test indicated a significant difference between the two groups. Therefore, combining virtual laboratories with basic practical tools is more effective for improving students' understanding of logic gate concepts and can serve as a comprehensive learning approach in physics education, particularly for Logic Gate topics.

Keywords: Basic Practical Tools, Conceptual Understanding, Logic Gates, Tinkercad, Virtual Laboratory

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu ilmu sains yang mempelajari cara kerja alam semesta dan jika rata-rata pemahaman fisika seseorang sudah cukup baik secara individu, maka kemampuan tersebut dapat terus berkembang seiring waktu (Karamoy dkk., 2023). Dalam pendidikan fisika, sangat penting untuk memberikan siswa kesempatan untuk mengamati dan mengalami proses ilmiah, baik di laboratorium maupun di lingkungan alam (Tumangkeng & Muya, 2024). Dengan memahami ilmu fisika, mahasiswa diharapkan dapat memahami berbagai aspek ilmu

pengetahuan, menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari, menyelesaikan masalah, dan berkontribusi terhadap kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan (Mahardika dkk., 2023).

Teknologi digital yang berkembang pesat memiliki dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan manusia, terutama di bidang pendidikan. Di bidang fisika, elektronika digital menjadi salah satu subjek penting untuk memahami cara kerja perangkat teknologi modern. Mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana sistem digital berfungsi karena gagasan dasar elektronika digital adalah gerbang logika, juga dikenal sebagai *logic gate* (Sari dkk., 2020).

Dalam pembelajaran fisika, penguasaan konsep gerbang logika sering kali mengalami kesulitan. Hasil survei menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengambil mata kuliah elektronika dasar 2 sering mengalami kesulitan untuk memahami konsep dasar gerbang logika. Ini karena konsep-konsep ini sangat abstrak dan sulit untuk diungkapkan. Hal ini menyebabkan kesalahan dalam menerapkan konsep gerbang logika dan ketidakmampuan untuk menganalisis hubungan antara input dan output. Studi literatur menunjukkan bahwa mahasiswa sering kesulitan memahami bagaimana gerbang logika berfungsi dalam rangkaian yang nyata serta membayangkan bagaimana input dan output yang dihasilkan.

Salah satu bagian penting dalam pembelajaran elektronika dan fisika adalah laboratorium riil. Tempat yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan penelitian, pengamatan, pengujian, serta pelatihan ilmiah secara faktual sebagai bentuk penerapan konsep dan praktik dari berbagai disiplin ilmu oleh sekelompok individu disebut sebagai laboratorium riil (Maksum & Saragih, 2021). Mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep teori dengan benar melalui kegiatan praktikum. Kualitas pelayanan laboratorium komputer sangat penting untuk peningkatan kemampuan belajar mahasiswa (Kuron & Umboh, 2021). Akan tetapi, penggunaan laboratorium riil memiliki berbagai kendala keterbatasan, seperti keterbatasan dalam jumlah peralatan, biaya pemeliharaan yang tinggi, keterbatasan dalam waktu, dan beresiko dalam kerusakan alat (Hauratunisa, 2023). Laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika abstrak, termasuk pembelajaran elektronika digital (Meilina dkk., n.d.). Laboratorium virtual adalah suatu perangkat model serta simulasi yang berbasis komputer yang memiliki peran penting dalam proses pembelajaran sains (Makiyah dkk., 2019).

Teknologi simulasi laboratorium virtual muncul sebagai solusi alternatif untuk masalah pembelajaran. Laboratorium virtual memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen digital tanpa batasan fisik seperti laboratorium riil. Laboratorium virtual dapat membuat pembelajaran lebih interaktif dan fleksibel (Widiarini dkk., 2024). Simulasi memberi mahasiswa kesempatan untuk melakukan berbagai eksperimen tanpa terbatas waktu.

Tinkercad adalah sebuah platform berbasis web yang dikembangkan oleh Autodesk untuk mendukung pembelajaran desain 3D, simulasi rangkaian elektronik, serta pemrograman mikrokontroler seperti Arduino, sehingga cocok digunakan dalam pembelajaran jarak jauh maupun tatap muka (Tkachuk dkk., 2025).

Pada bidang elektronika maupun matematika Boolean, terdapat suatu komponen penting yang dikenal dengan nama gerbang logika. Gerbang logika merupakan sebagai dasar pembentuk sistem digital dan beroperasi dengan sistem bilangan biner yang terdiri dari angka 1 dan 0. Oleh karena itu, gerbang logika tersebut disebut juga gerbang logika biner. Fungsinya ialah mengubah satu atau lebih masukan logika menjadi keluaran logika yang berbeda. Umumnya, proses tersebut dilakukan dengan menggunakan IC (*Integrated Circuit*), yaitu rangkaian elektronik yang tersusun dari beberapa transistor dan komponen lain yang saling terintegrasi (Islamadina dkk., 2023).

Tinkercad dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran untuk memahami konsep dasar gerbang logika (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR) karena menyediakan simulasi digital yang mudah diakses secara daring (Pawarangan dkk., 2024). Menurut Ante pemakaian media pembelajaran dinilai dapat membangkitkan keinginan, minat belajar, motivasi serta rangkasan kegiatan belajar selama proses pembelajaran (Pakiding dkk., 2023). Melalui *Tinkercad Circuits*, peserta didik dapat merancang, menghubungkan, dan menguji rangkaian logika tanpa memerlukan perangkat keras, sehingga mempercepat pemahaman mengenai

bagaimana sinyal biner diproses dalam system digital (Abburi dkk., 2021).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif ini dilakukan di Jurusan Fisika pada tahun 2025 semester genap pada mahasiswa yang mengambil mata kuliah elektronika dasar II. Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode eksperimen semu dan desain pre-test dan *post-test two treatment design* (Cohen dkk., 2007). Dalam penelitian ini, subjek penelitian terdiri dari dua kelompok yang masing – masing menerima perlakuan yang berbeda. Kelompok eksperimen 1 menerima perlakuan pembelajaran melalui laboratorium virtual tinkercad sedangkan kelompok eksperimen 2 menerima perlakuan pembelajaran melalui kombinasi praktikum riil menggunakan alat praktikum elektronika dasar 2 dan *laboratorium virtual tinkercad*.

Populasi dalam penelitian ini adalah Mahasiswa Jurusan Fisika. Sampel pada penelitian ini yaitu mahasiswa yang mengambil mata kuliah elektronika dasar 2 sebanyak 13 orang sebagai eksperimen 1 yang diberikan perlakuan praktikum laboratorium virtual materi gerbang logika dan 13 orang lainnya sebagai eksperimen 2 yang diberikan perlakuan kombinasi laboratorium virtual praktikul riil materi gerbang logika. Dalam penelitian ini, sampel digunakan sebagai bagian dari populasi yang dapat menggantikan semua anggota populasi (Sugiyono, 2013). Menurut ahli lain sampel adalah bagian dari populasi yang akan dipelajari, atau lebih tepatnya, populasi kecil (Arifin, 2012). Instrumen tes berupa soal pilihan ganda berupa pre-test dan post-test guna mengetahui peningkatan pemahaman konsep gerbang logika.

Penelitian ini menggunakan dua metode teknik analisis data, yakni uji statistik dan uji hipotesis. Uji statistik memiliki dua macam teknik, yakni statistik deskriptif dan statistik inferensial, dimana dalam pengujiannya menggunakan program SPSS 29.0 for Windows dengan serangkaian tahapan dan sebagai uji prasyarat yaitu uji normalitas data dan homogenitas data. Uji normalitas data menggunakan uji Shapiro Wilk, data dikatakan memenuhi syarat jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 ($>0,05$) dan uji homogenitas dengan metode uji Levene, jika nilai signifikansi lebih dari $\alpha = 0,05$ maka populasi data mempunyai varian yang homogen.

Setelah uji prasyarat terpenuhi maka selanjutnya dilakukan uji hipotesis dengan melakukan uji-t dua sampel independen (*independent-sample test*), kemudian dilanjutkan dengan menggunakan uji *N-Gain* untuk dapat mengetahui hasil peningkatan pemahaman konsep mahasiswa sesudah diberikan perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

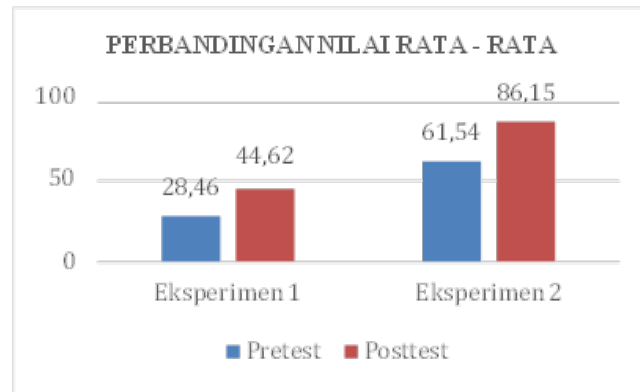
Berdasarkan hasil uji statistik deskriptif dengan menggunakan SPSS 29 mengenai hasil kelas eksperimen 1 dan kelas eksperimen 2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik deskriptif hasil penelitian

Data	Pre-test		Post-test	
	Eksperimen		Eksperimen	
	1	2	1	2
Jumlah Mahasiswa	13	13	13	13
Nilai Tertinggi	40	60	80	100
Nlai Terendah	10	30	40	70
Rata-rata	28,46	44,62	61,54	86,15

Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan nilai dari *pre-test* dan *post-test* atau setelah diberikan perlakuan, namun peningkatan pada kelas eksperimen 2 jauh lebih besar dari pada kelas eksperimen 1. Nilai rata-rata *pre-test* pada kelas eksperimen sebesar 28.46 dengan nilai terendah 10 dan tertinggi 40. Setelah diberikan perlakuan menggunakan *laboratorium virtual tinkercad* nilai *post-test* meningkat dengan rata-rata 61.54 dengan nilai terendah 40 dan nilai tertinggi 80. Sementara itu, pada kelompok eksperimen 2 nilai *pre-test* menunjukkan rata-rata 44,62 dengan nilai terendah 30 dan nilai

tertinggi 60. Setelah diberikan perlakuan menggunakan kombinasi antara *laboratorium virtual* dan alat praktikum dasar, nilai *post-test* mengalami peningkatan dengan rata-rata 86,15, dengan nilai terendah 70 dan nilai tertinggi 100. Histogram nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram nilai rata-rata pre-test dan post-test

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa kelas eksperimen 2 dengan menggunakan pembelajaran kombinasi antara *laboratorium virtual* dan alat praktikum dasar lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika dibandingkan dengan hanya menggunakan *laboratorium virtual*.

Dalam penelitian ini uji normalitas dilakukan dengan uji *Shapiro Wilk* menggunakan *Software SPSS* versi 29. Data dikatakan normal apabila $Sig > \alpha$. Data hasil uji normalitas nilai *pre-test* dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 hasil uji normalitas pre-test dan post-test kelas eksperimen 1 dan 2

Statistik	Eksperimen 1		Eksperimen 2		Kesimpulan
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	
α	0,05	0,05	0,05	0,05	Sig> α (data berdistribusi normal)
Sig	0,70	336	0,73	116	

Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa hasil pengujian normalitas data *pre-test* dan *post-test* pada kelas eksperimen 1 dan 2 dengan taraf signifikan (α) = 0,05, diperoleh bahwa $Sig > \alpha$. Hal ini menunjukkan bahwa data *pre-test* baik di kelas eksperimen 1 maupun kelas eksperimen 2 berdistribusi normal.

Setelah data *pre-test* dan *post-test* dinyatakan normal, selanjutnya dilakukan uji homogenitas. Dalam penelitian ini, uji homogenitas yang digunakan yaitu uji *Levene* dengan *Software spss* verse 29. Dua populasi dikatakan homogen apabila $Sig > \alpha$. Data hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas

Statistik	Pre-test	Kesimpulan
α	0,05	Sig> α (homogen)
Sig	0,879	

Berdasarkan Tabel 3, uji homogenitas *post-test* kelas eksperimen 1 dan 2 diperoleh nilai signifikan *based on mean*, yaitu 0,879. Dengan demikian maka hasil pengujian pada metode *levne* dari data hasil *post-test* dinyatakan homogen dengan perolehan nilai berada pada rentang >0.05 .

Hasil uji hipotesis data *post-test* untuk kelas eksperimen 1 dan 2 secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji-t post-test kelas eksperimen 1 dan eksperimen 2

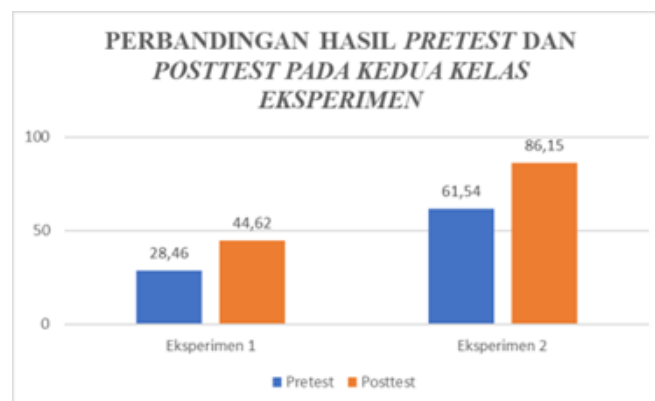
Statistik	Post-test	Kesimpulan
α	0,05	Sig< α (terdapat perbedaan yang signifikan)
Sig	0,001	

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh $sig < \alpha$, yaitu $0,001 < 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, dari uji hipotesis yang dilakukan pada kedua kelas tersebut menunjukkan bahwa hasil pemahaman konsep mahasiswa menggunakan kombinasi laboratorium virtual Tinkercad dan Alat Praktikum Dasar lebih besar dari hasil pemahaman konsep mahasiswa yang hanya menggunakan laboratorium virtual.

Efektivitas pembelajaran menggunakan laboratorium virtual dapat dilihat dari hasil *pre-test* dan *post-test* mahasiswa kelas eksperimen 1. Hasil *pre-test* menunjukkan presentase sebesar 28,46%, sedangkan hasil *post-test* mencapai presentase 61,54%.

Perhitungan efektivitas *pre-test* dan *post-test* dilakukan menggunakan uji *N-Gain score*, yang menghasilkan nilai sebesar 0,47 dengan kriteria “Sedang”. Nilai tafsirannya adalah 46,98% dengan kriteria “Kurang Efektif”. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran pada kelas eksperimen 1 kurang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gerbang logika.

Efektivitas penggunaan kombinasi antara laboratorium virtual dan alat praktikum dasar dapat dilihat dari hasil *pre-test* dan *post-test* mahasiswa kelas eksperimen 2. Hasil *pre-test* menunjukkan presentase sebesar 44,62%, sedangkan hasil *post-test* mencapai presentase 86,15%. Perhitungan efektivitas *pre-test* dan *post-test* dilakukan menggunakan uji *N-Gain* mendapatkan skor 0,78 dengan kriteria “Tinggi”. Nilai tafsirannya adalah 77,62% dengan kriteria “Efektif”. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kombinasi antara laboratorium virtual dan alat praktikum dasar efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi Gerbang Logika. Histogram perbandingan Hasil *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram perbandingan hasil pre-test dan post-test pada kedua kelas eksperimen

Berdasarkan Gambar 2 dari grafik histogram terlihat peningkatan pemahaman konsep yang lebih besar pada kelas eksperimen 2, menunjukkan bahwa kombinasi laboratorium virtual dan alat praktikum riil lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika dibandingkan hanya menggunakan laboratorium virtual saja.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan laboratorium virtual (*tinkercad*) dan kombinasi laboratorium virtual (*tinkercad*) dengan alat praktikum elektronika dasar 2 lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika. Kelas eksperimen 1 yang menggunakan laboratorium virtual memiliki *score N-gain* rata – rata 0,47 dan berada dalam kategori “Sedang”. Eksperimen 2 yang menggunakan kombinasi laboratorium virtual dan riil memiliki *score* rata – rata 0,78 dan berada dalam kategori “Tinggi”. Hasil menunjukkan bahwa

penggunaan kombinasi media membantu mahasiswa memahami konsep lebih baik dari pada penggunaan laboratorium virtual secara tunggal. Hasil ini mendukung teori pembelajaran konstruktivistik modern bahwa mahasiswa harus belajar dan eksploratif (*active knowledge construction*). Penggunaan kombinasi laboratorium virtual dan laboratorium riil bisa memberikan kesempatan untuk mahasiswa dalam memahami konsep gerbang logika digital menggunakan dua pendekatan yaitu : (1) pada simulasi *Tinkercad* visualisasi yang diberikan memungkinkan mahasiswa mengeksplorasi konsep secara abstrak, dan (2) praktikum riil yang bisa memungkinkan mahasiswa dapat menunjukkan secara nyata apa yang telah mereka pelajari. Demikian dalam kegiatan ini memperkuat konstruksi pengetahuan dengan menggabungkan antara pengalaman konsep dan aplikasi.

Selain itu, (Fitriani, 2024) dalam penelitian berjudul (*Comparison of the Effect of Using Virtual Laboratory Based on PhET Simulation and Real Laboratory in Improving Mastery of Electronic Concepts*) juga menunjukkan bahwa menggunakan laboratorium virtual dapat membantu meningkatkan penguasaan konsep elektronik secara signifikan. Mereka menegaskan bahwa laboratorium riil tetap unggul dalam membangun keterampilan psikomotorik dan pemahaman yang mendalam melalui pengalaman langsung. Hasil penelitian tersebut memperkuat hasil penelitian ini bahwa menggunakan pembelajaran kombinasi antara laboratorium virtual dan riil memberikan hasil belajar yang lebih baik dari pada hanya menggunakan salah satunya.

Sejalan dengan itu, (Riskawati dkk., 2022) dalam penelitian (Efektivitas Simulasi Pola LED Menggunakan *Tinkercad* sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar 2) dalam hasil penelitian menunjukkan bahwa *Tinkercad* efektif dalam membantu meningkatkan pemahaman konsep dasar elektronika, terutama karena berbasis web dan mudah digunakan, serta menunjukkan komponen yang jelas terhadap hubungan antar komponen. Meskipun perbedaan pada materinya, hasil penelitian ini mendukung bahwa laboratorium virtual juga memiliki peran yang penting dalam tahap awal pembentukan pemahaman konsep.

Namun, hasil penelitian yang dilakukan oleh (Maksum & Saragih, 2021) tentang (*Analysis on The Implementation of Virtual Reality Versus Reality Laboratory*) menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa melalui simulasi. Namun, laboratorium riil masih diperlukan untuk meningkatkan keterampilan praktikum. Hasil penelitian Hapid sejalan dengan penelitian ini dimana penggunaan laboratorium virtual (*Tinkercad*) meningkatkan pemahaman konsep pada kategori sedang (N-Gain 0,47), dan kombinasi laboratorium virtual dan alat praktikum elektronika dasar 2 mencapai kategori tinggi (N-Gain 0,78). Menurut kedua penelitian, pembelajaran berbasis simulasi digital berguna untuk memahami konsep abstrak. Namun, metode ini akan lebih efektif jika digunakan dalam situasi dunia nyata. Oleh karena itu, kombinasi laboratorium virtual dan riil telah terbukti memberikan hasil pembelajaran yang lebih baik karena mampu menyeimbangkan pemahaman konseptual mahasiswa dan kemampuan eksperimen mereka pada materi gerbang logika.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat seberapa efektif alat praktikum elektronika dasar 2 dan laboratorium virtual dalam meningkatkan pemahaman konsep gerbang logika menunjukkan bahwa kedua media pembelajaran memiliki kemampuan untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa, meskipun masing – masing memiliki tingkat efektivitas yang berbeda. Kelas eksperimen 1 yang menggunakan laboratorium virtual (*Tinkercad*) menunjukkan peningkatan pemahaman, dengan nilai N-Gain rata-rata 0,47 (kategori sedang), dan kelas eksperimen 2 yang menggunakan kombinasi laboratorium virtual dan alat praktikum dasar memperoleh nilai N-Gain rata-rata 0,78 (kategori tinggi). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan kombinasi laboratorium virtual dan alat praktikum elektronika dasar 2 ini lebih efektif dalam membantu mahasiswa memahami konsep gerbang logika dengan lebih baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Hasil uji hipotesis rata – rata tentang pemahaman konsep gerbang logika pada kelas yang hanya

menggunakan laboratorium virtual (tinkercad) masuk pada kategori kurang efektif dengan nilai presentase n-gain 46,98% dan nilai n-gain 0,47 pada kategori sedang. Hasil uji hipotesis rata – rata tentang pemahaman konsep gerbang logika dengan menggunakan kombinasi laboratorium virtual dan alat praktikum elektronika dasar 2 masuk pada kategori efektif dengan nilai presentase n-gain 77,62% dan nilai n-gain 0,78 pada kategori tinggi, Terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan laboratorium virtual dan kombinasi antara laboratorium virtual dan alat praktikum elektronika dasar 2 dalam meningkatkan pemahaman konsep pada materi gerbang logika.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abburi, R., Praveena, M., & Priyakanth, R. (2021). TinkerCad - A Web Based Application for Virtual Labs to help Learners Think , Create and Make. 34(January), 535–541.
- Arifin, Z. (2012). Penelitian Pendidikan Metode dan Paradigma Baru. Bandung:Remaja Rosda Karya.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research Methods in Education (6th edition). USA& Canada: Routledge.
- Fitriani, A. (2024). Comparison of the Effect of Using Virtual Laboratory Based on PhET Simulation and Real Laboratory in Improving Mastery of Electronic Concepts of Physics Education Students. *Tekno - Pedagogi : Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(2), 22–28.
- Hauratunisa, S. (2023). Perbandingan Pengaruh Laboratorium Virtual Dan Laboratorium Nyata Terhadap Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Sistem Ekskresi.
- Islamadina, R., Lastya, H. A., & Wisata, A. (2023). Rancang Bangun Trainer Gerbang Logika Sebagai Alat Peraga Pada Mata Kuliah Teknik Digital. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 9(1), 113–122.
- Karamoy, P. V., Tulandi, D. A., & Silangen, P. M. (2023). Efektivitas Penggunaan File Manager Pada Pembelajaran Dinamika Partikel. *Charm Sains Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 98–104.
- Kuron, M., & Umboh, A. (2021). Pengaruh Virtualisasi Laboratorium Berbasis Electronics Workbench (EWB) Pada Mata Kuliah Elektronika Dasar Unsrit. 7, 1–7.
- Mahardika, I. K., Badarsila, A. C., Ernasari, Royani, M. N. R., Nurhidayat, R. D., & Handono, S. (2023). Peran Metode Ilmiah Dalam Mengembangkan Pendidikan Fisika. *Perspektif : Jurnal Pendidikan dan Ilmu Bahasa*, 1(4), 217–227. <https://doi.org/10.59059/perspektif.v1i4.723>
- Makiyah, Sofi, Y., Malik, A., Susanti, E., & Mahmudah, I. R. (2019). Higher Order Thinking Real and Virtual Laboratory (HOTRVL) untuk Meningkatkan Keterampilan Abad ke-21 Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 1(1).
- Maksum, A. H., & Saragih, Y. (2021). Analysis on the Implementation of Virtual Versus Reality Laboratory. December 2020. <https://doi.org/10.17977/um026v5i22020p059>
- Meilina, I. L., Rohmah, A. A., Faizah, D. S. N., Azizah, L. L., & Farikha, N. (n.d.). Studi Literatur Efektivitas Virtual Laboratorium Pada Pembelajaran Fisika Farikha. 01(02), 40–50.
- Pakiding, A. Y., Marianus, & Tumangkeng, J. V. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Booklet Berbasis Representasi Pada Topik Dualisme Gelombang Partikel. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 43–49.
- Pawarangan, I., Rampengan, A. M., Tumangkeng, J. V., & Silka, S. (2024). Penggunaan Aplikasi Tinkercad dalam Pembelajaran Elektronika Dasar 2: Persepsi dan Pemahaman Konseptual Mahasiswa. *SCIENING: Science Learning Journal*, 5(1), 53–58.
- Riskawati, Said, S., & Herman, N. . (2022). Efektivitas Simulasi Pola LED Menggunakan Tinkercad : Media Pembelajaran Inovatif pada Elektronika Dasar. 12(1), 524–531.
- Sari, F., Indah, Sari, N., Novitasari, O., Amara, R., Subaedi, A. N., & Antarnusa, G. (2020). Gerbang Logika Kombinasional dan Komparator. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika UNTIRTA*, 3(1).
- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.

Alfabeta.

- Tkachuk, H. V, Merzlykin, P. V, & Donchev, I. I. (2025). STEM Project Design in Computer Microelectronics Education. 12, 197–221.
- Tumangkeng, J. V., & Muya, A. B. (2024). Enhancing Student Learning Activities Through Interactive Learning Design in Basic Physics I. *The Physics Educator*, 6, 4.
- Widiarini, P., Rapi, N. K., & Suma, K. (2024). Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual Tinkercad Berbasis Penilaian Proyek Terhadap Kreativitas Mahasiswa Pada Matakuliah Elektronika Digital. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 4(3), 277–286.